

文章编号 1004-924X(2002)03-0239-04

基于图像识别的动物纤维细度自动测量系统

蔡 弋,黄成伟,李庆祥,白立芬,訾艳阳

(北京清华大学 精密仪器与机械学系,北京 100084)

摘要:毛绒纤维细度是确定毛绒品质和使用价值最重要的参数之一。本文介绍了一种动物纤维细度自动测量系统,该系统以图像分析、图像识别为基础,使用计算机自动控制方法,能够快速、简便地完成与纤维细度相关的自动测量和统计等功能,实现测量统计数据及相关图像的方便快捷管理,测量结果客观、准确。本系统的研制成功,填补了国内空白,仪器测量的标准方差为 $\pm 0.135\mu\text{m}$ 、相对误差为0.66%、长期测量稳定性为 $0.112\mu\text{m}$,该仪器已通过部级鉴定,其性能指标达到国际先进水平,对打破国外的技术壁垒有着重要意义。随着质量控制与评估对今天的纺织工业的重要性逐渐提高,本系统有着广泛的应用前景。

关键词:动物纤维;细度测量;图像识别

中图分类号:TP391 文献标识码:A

1 引言

毛纺企业、羊毛生产和羊毛贸易中,需要对羊毛的质量进行准确的评价,羊毛平均细度是评定质量的最重要参数。羊毛平均细度测量的传统方法有:气流法、显微投影法^[1]等。随着技术的不断发展,国外相继出现了激光、图像分析法^[2]等新测量方法;国内也进行过细度测量自动化方面的研究^[3],但没能投入实用,本文所介绍的纤维细度自动测量系统,以图像分析、图像识别为基础,具有快速、准确、客观的特点,其性能指标达到国外先进水平,满足实际测量的要求。

2 仪器测量原理及组成

纤维细度自动测量系统的原理如图1所示:被测样品(羊毛)放在精密工作台上,由光学照明系统照明,手动调焦,经光学系统成像于 CCD 靶面,经 CCD 转化为数字图像,计算机读入数据后进行图像分析、纤维识别以及细度统计计算;同时, X - Y 向自动进给工作台根据进给控制程序

预先设定方式沿“之”字形进给;运动过程中不断重复上述工作,直至测量结束,完成纤维平均细度的自动测量。

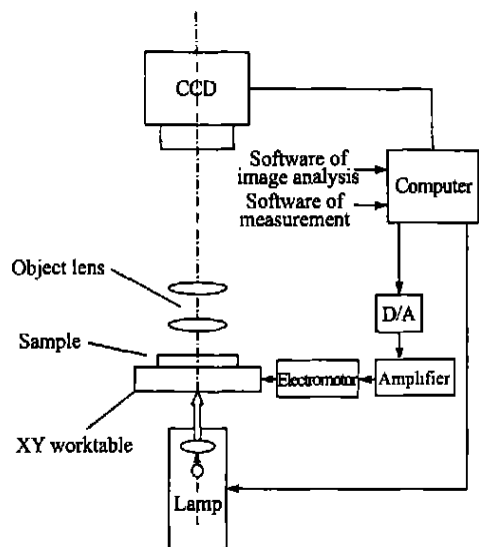


图1 羊毛纤维细度测量系统原理图
Fig. 1 Schematic diagram of the system.

仪器主要由三部分组成:精密工作台、光学成像系统、图像采集及处理系统。

光学成像系统:光学成像系统把工作台载物片上的纤维图像放大,成像于 CCD 靶面。成像原理如图 2 所示。

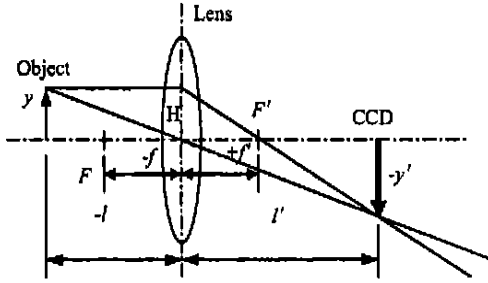


图 2 显微成像原理
Fig.2 Imaging theory.

$$\frac{1}{l} - \frac{1}{l'} = \frac{1}{f} \quad (1)$$

式中 l —物距
 l' —像距
 f —焦距

图像采集及处理系统:图像采集处理系统主要功能是把显微放大后的图像转化为数字图像,然后由计算机进行处理,获取测量纤维的平均细度。其具体工作流程如图 3 所示,CCD 摄像头把经过放大的纤维图像转化为数字图像;计算机对数字图像进行处理,获取纤维轮廓,计算单根纤维细度,并计算所有测量纤维的平均细度。

由于仪器要求实时进行图像采集和处理,因此,要求上述算法应具有高的计算效率。为满足这一要求,测量软件采用图像采集和图像处理并行工作的方案,当处理图像时进行下一幅图像的采集。同时,为提高图像的处理速度,根据图像及测量参数的特点,设计了适应纤维边缘快速提取的算法:图像二值化—边缘跟踪—纤维识别。为保证纤维测量精度,纤维边缘位置采用亚像素定位方法二次定位。

测量中实时显示测量纤维,测量纤维根数、平均直径和统计直方图,如图 4 所示。

3 仪器结果的修正

在测量过程中,由于受各种因素的影响,例如环境的温度、湿度、照明强度等,仪器测量结果同纤维的实际平均细度将会产生一定程度的差异。

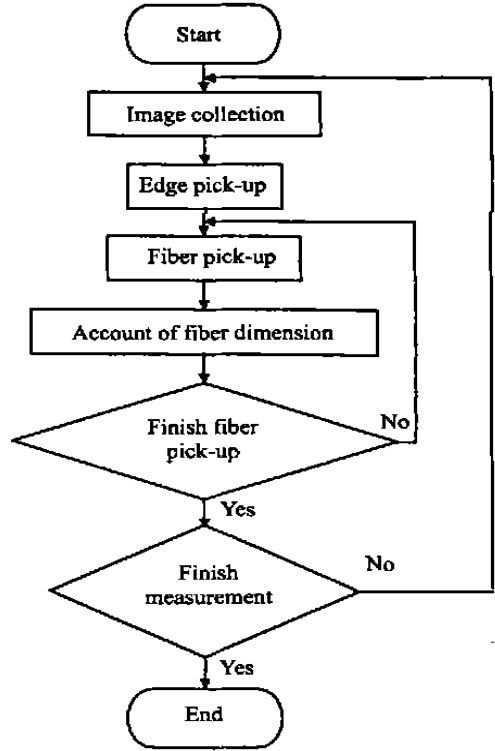


图 3 纤维测量流程图
Fig.3 Flow chart.

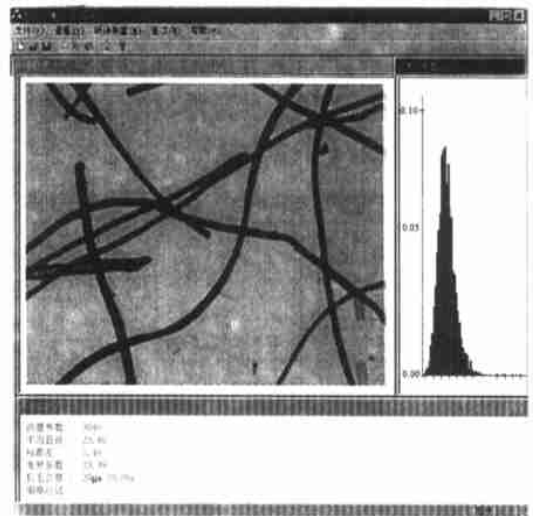


图 4 测量过程示意图

Fig.4 Schematic chart of measurement.

例如,吸湿对纤维细度有一定程度的影响,同标准状态下毛条回潮率 16%相比,回潮率增大到 20%时,羊毛平均直径约可增大 2.2%。

由于这些影响因素具有不确定特点,没有方法用确定的公式对其进行描述,本文采用测量标准毛条,然后根据毛条标准值对测量结果进行线

性回归修正的方法校准仪器测量结果。

标准毛条是由国际羊毛纺织品协会 (IWTO) 提供的一组毛条,每组共八个毛条,每一个毛条都经过 IWTO 认证的多家实验室测量,其值作为标准值,用来校正平均细度的测量仪器。仪器修正公式如下:

$$D_{cal} = Offset + Slope \times D_{mea}, \quad (2)$$

$$Slope = \frac{\sum_{i=1}^8 (D_{meai} - 1/8 \times \sum_{j=1}^8 D_{meaj}) \times (\sum_{i=1}^8 D_{stdi} - 1/8 \times \sum_{i=1}^8 D_{stdj})}{(\sum_{i=1}^8 (D_{meai} - 1/8 \times \sum_{j=1}^8 D_{meaj}))^2}$$

式中 D_{cal} —修正后的纤维细度

D_{mea} —测量得到的纤维细度

$Offset$ —仪器修正偏移量

$$Offset = 1/8 \times \sum_{i=1}^8 D_{stdi} - 1/8 \times Slope \times \sum_{i=1}^8 D_{meai}$$

$Slope$ —仪器修正斜率

4 实验结果

仪器调试稳定后,在标定相同环境条件下进行了大量、长期的实验,对仪器测量稳定性、准确性、长期稳定性进行了实验研究,实验结果如下所述。

4.1 测量重复性及准确性

仪器测量重复性及准确性是衡量仪器精度的重要指标。在仪器性能的评价中,用多次测量的标准方差 表征仪器的测量重复性,相对误差 表征仪器测量的准确性。标准方差 、相对误差 、测量平均值 \bar{x} 的计算公式如下:

平均值 \bar{x}

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^7 x_i}{n}, \quad (3)$$

其中 x_i —测量值

n —测量次数(此处 $n = 7$)

校准方差

$$= \pm \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^7 (\bar{x} - x_i)^2}{n - 1}}, \quad (4)$$

相对误差

$$= \frac{\bar{x} - x}{x} (x \text{ —标准值}), \quad (5)$$

实验中,对国际羊毛纺织品协会提供的八种羊毛标准样条各制作一个样片进行测量,每个样片连续测量 7 次,并根据上述公式,计算平均值 \bar{x} 、标准方差 、相对误差 ,详细结果见表 1。从表 1 中可以看出,标准方差 最大为 0.135,相对误差 最大为 0.66%;还可以看出,测量不同细度的纤维时,标准方差 的变化具有一定规律,其值随着纤维直径的增大而增加,而相对误差

则是一个随机变化的量。

表 1 测量结果

Table 1 Results of measurement

Sample	x (μm)	x (μm)	x (μm)		
1 by01-1	16.66	16.60	± 0.029	0.0036	
2 by02-2	18.31	18.43	± 0.059	0.0044	
3 by03-1	20.38	20.38	± 0.028	0	
4 by04-1	23.54	23.66	± 0.048	0.0051	
5 by05-1	26.43	26.59	± 0.030	0.0061	
6 by06-1	30.62	30.51	± 0.068	0.0029	
7 by07-1	34.69	34.46	± 0.102	0.0066	
8 by08-1	37.69	37.64	± 0.135	0.0013	

注:标准值是国际羊毛纺织品协会提供的标准样条的显微投影法测量结果。

4.2 仪器长期稳定性

取 1 号、5 号、8 号 3 个样片分别于 6.27、7.19、7.21、7.26、7.31、8.6 进行测量,其结果见表 2,其中误差计算公式如下:

$$= \max - \min, \quad (6)$$

从表 2 中可以看出,仪器长期测量稳定性小于 $0.112\mu\text{m}$ 。

表 2 长期测量数据

Table 2 Data of long time measurement

Sample	by01-1	by05-1	by08-1
Standard value	16.66	26.43	37.69
6.27	0.029	0.030	0.135
Date and	7.19	0.067	0.029
standard	7.21	0.058	0.042
variance	7.26	0.042	0.074
(μm)	7.31	0.068	0.067
	8.6	0.026	0.051
Error (μm)	0.042	0.045	0.112

实验表明,仪器的标准方差 最大为 0.152、相对误差 最大为 0.66%、长期测量稳定性小于 $0.112\mu\text{m}$,说明仪器具有很高的测量精度。

5 仪器性能及比较

本课题研制的仪器 XWY-1 动物纤维自动测量仪的技术参数同国际上同类仪器 OFDA 进行对比,OFDA 是国际上用于测量动物纤维的仪器之一。从表3中可以看出,XWY-1 动物纤维

表 3 仪器综合性能比较

Table 3 Comparison of performance

Name	XWY-1	OFDA
Range	4 ~ 300 μ m	3 ~ 300 μ m
Speed	~ 130/s	2000 ~ 5000/20s ~ 50s
Stability	< 0.15 μ m	\
Relative error	< 0.01	\
Stability over long time	< 0.15 μ m	\

参考文献:

- [1] 黄丽华,高瑞清. 计算机自动检测羊绒细度的研究[J]. 农业工程学报,2000,16(2):132-134.
 [2] Brims M, Hornik H. Rapid image processing for measuring fiber characteristics[J]. *International Fiber Journal*. 2000,5:63-65.
 [3] 陈海峰. 羊毛细度的计算机自动检测系统的研究[J]. 纺织学报,120(1):60-62.

Automatic animal fibre measurement system based on image analysis

CAI Yi, HUANG Cheng-wei, LI Qing-xiang, BAI Li-fen, ZI Yan-yang

(Department of Precision Instruments and Mechanology,
Tsinghua University, Beijing 100084, China)

Abstract: Diameter measurement of animal fibres is one of the most important physical parameters to evaluate the quality of fibres. An automatic image analysis system for measurement of animal fibres is introduced in the article. The system is mainly based on the technology of image analysis as well as image recognition by computer, which can simultaneously achieve both the automatic diameter measurement and data statistic of many fibres. So all of the data are managed and useful curves are drawn after the rapid and simple measurement process with reliable and accurate results. The system has standard variance of 0.135, relative precision value of 0.66%, and stability of long time of 0.112 μ m, reaching the advanced level in the world.

Key words: animal fibre; diameter measurement; image analysis

作者简介: 蔡 弋(1978-),男,甘肃省天水市人,清华大学在读硕士研究生,研究方向为纤维细度自动测量;
 黄成伟(1971-),男,四川省简阳人,清华大学在读博士研究生,研究方向包括微小尺寸的图像测量、图像处理、图像识别。

自动测量仪的性能达到 OFDA 的标准,并且 XWY-1 动物纤维自动测量仪提供了更为详尽的技术参数。

6 结 论

本文介绍了一种动物纤维细度自动测量系统,该系统以图像分析、图像识别为基础,使用计算机自动控制技术,测量过程快速、简便,测量结果准确、客观。仪器测量的标准方差为 0.152、相对误差为 0.66%、长期测量稳定性为 0.112 μ m;同国外同类仪器的性能比较说明,仪器的性能指标达到或接近国外先进水平;同时,在实际测量中的应用表明,仪器满足实际测量的要求。